

## Technical Paper

# Karakteristik Fisik dan Mekanik Kemiri (*Aleurites moluccana* Wild.)

## *Physical and Mechanical Characteristics of Candle Nut (*Aleurites moluccana* Wild.)*

Robert Sinaga, Program Studi Teknik Mesin Pertanian dan Pangan, Institut Pertanian Bogor.  
Kampus IPB Dramaga, Bogor 16690. Email: robertsinaga89@gmail.com  
Desrial, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor. Email: desrial@ipb.ac.id  
Dyah Wulandani, Departemen Teknik Mesin dan Biosistem, Institut Pertanian Bogor.  
Email: dyahwulandani@yahoo.com

### Abstract

*It is very important to know the characteristics of candle nut before designing nut-deshelling machine. This study was conducted to investigate physical and mechanical characteristics of candle nut before analyzing the impact force on the de-shelling process. The result showed that average diameter of candle nut at intercept A (length), B (width) and C (thickness) were 32.55 mm, 29.05 mm and 23.23 mm respectively. The average value of sphericity and roundness of candle nut were 0.86 and 0.65 respectively. At high moisture content candle nut had a greater value of compressive strength and resulted a sticky kernel in the shell. Candle nut had 4.96% db moisture content after dried at sun drying for 20 hours. The value of compressive strength from the maximum load during a compression test (rupture force) of candle nut at this moisture content were 1,208 N, 1,198 N and 1,950 N for intercept A, B and C respectively.*

**Keywords:** candle nut, maximum strength, physical and mechanical characteristics

### Abstrak

Sangat penting untuk mengetahui karakteristik kemiri sebelum mendesain mesin pemecah biji kemiri. Penelitian ini dilakukan untuk mengetahui karakteristik fisik dan mekanik biji sebelum menganalisis gaya tumbukan pada proses pemecahan biji kemiri. Hasil penelitian ini menunjukkan bahwa rata-rata diameter biji kemiri pada intersep A (panjang), B (lebar) dan C (tebal) adalah 32.55 mm, 29.05 mm dan 23.23 mm. Nilai rata-rata kebulatan dan kebundaran biji kemiri adalah 0.86 dan 0.65. Pada tingkat kadar air yang tinggi, kemiri memiliki nilai kekuatan tekan yang lebih besar dan akan menghasilkan inti lengket pada tempurung bagian dalam. Kadar air kemiri mencapai 4.96% bk setelah dijemur di bawah sinar matahari selama 20 jam. Nilai kekuatan maksimum pada saat pemberian uji tekan (*rupture force*) pada tingkat kadar air tersebut pada intersep A adalah 1,208 N, intersep B 1,198 N dan intersep C 1,950 N.

**Kata kunci:** kemiri, kekuatan maksimum, karakteristik fisik dan mekanik

Diterima: 23 Oktober 2015; Disetujui: 16 Februari 2016

### Pendahuluan

Pada pertanian modern terkhususnya dalam proses pengolahan bahan-bahan pertanian, adalah sangat perlu untuk mengetahui sifat ataupun karakteristik dari bahan pertanian tersebut. Pengetahuan tentang karakteristik fisik dan mekanik penting untuk menyediakan data rekayasa yang diperlukan dalam perancangan mesin, struktur, proses dan pengendaliannya. Hal ini juga diperlukan dalam menganalisis, mengevaluasi dan mempertahankan kualitas produk (Mohsenin 1986).

Salah satu jenis produk pertanian yang

banyak diteliti dan dikembangkan adalah kacang-kacangan. Beberapa produk kacang-kacangan yang telah diteliti sifat fisik dan mekaniknya antara lain biji macadamia (Braga *et al* 1999), *walnut* atau biji kenari (Koyuncu *et al* 2004), biji pinus (Ozguven dan Vursavus 2005; Carcel *et al* 2012), kacang pistachio (Kashaninejad *et al* 2006), biji jarak pagar (Karaj dan Muller 2010) dan *hazelnut* atau kemiri dari Italia (Delprete dan Sesana 2014).

Kemiri (*Aleurites moluccana* Wild.) merupakan tanaman serbaguna yang penting di Indonesia. Inti kemiri telah digunakan untuk berbagai tujuan baik sebagai bahan dasar bumbu masak dan bahan

farmasi. Produksi kemiri bertujuan untuk konsumsi lokal dan ekspor (Koji 2000). Biji kemiri tergolong buah batu karena berkulit keras menyerupai tempurung dengan permukaan luar yang kasar berlekuk. Tempurung biji ini tebalnya sekitar 3 - 5 mm, berwarna coklat atau kehitaman. Kemiri yang bersumber dari suatu daerah memiliki tingkat kekerasan (*firmness*) yang berbeda dengan daerah yang lain (Anonim, 2006).

Penanganan pascapanen kemiri (*candle nut*) ditingkat petani umumnya masih dilakukan secara tradisional dimana pemecahan biji kemiri masih menggunakan alat pemecah sederhana. Cara tradisional kurang efektif dan efisien karena seorang pekerja hanya mampu memecah kemiri 9 - 10 kg kemiri/hari dan hal ini juga menimbulkan kelelahan kerja yang tinggi, disamping itu banyak inti yang pecah dan hancur (persentase inti bulat utuh hanya 40 – 60%) sehingga harga kemiri menjadi lebih murah (Darmawan dan Kurniadi, 2007). Sementara itu untuk mendapatkan inti kemiri yang baik dan berkualitas harus disertai dengan penanganan pascapanen yang baik dan benar. Hal yang perlu diperhatikan adalah bagaimana mempertahankan kualitas biji kemiri tersebut. Sedikit saja kecerobohan dalam penanganannya dapat mengakibatkan daging biji hancur dan terkontaminasi cendawan. Untuk menjaga kualitas kemiri, operasi pascapanen harus dikelola secara bijaksana khususnya dalam hal pemecahan biji.

Pada proses produksi inti kemiri, tingkat kadar air sangat menentukan keutuhan dan kelengkapan inti pada tempurung (cangkang) kemiri. Tarigan *et al* (2007) mendapatkan tingkat kadar air yang paling sesuai untuk proses pemecahan kemiri adalah 4 sampai 6% bk (basis kering). Hal ini didukung dengan bukti bahwa beberapa kerusakan kernel ditemukan dalam sampel dengan tingkat kadar air lebih rendah dari 3% bk. Disamping kadar air, proses lain yang memerlukan perhatian khusus yaitu tahap pemecahan tempurung biji kemiri. Diperlukan pengetahuan tentang gaya maksimal yang dapat diterima oleh biji kemiri agar tempurung dapat retak dan pecah namun tidak merusak inti kemiri. Besarnya gaya optimal sangat diperlukan untuk proses perancangan peralatan/mesin yang diperlukan dalam pemecahan biji kemiri agar dapat dihasilkan inti kemiri dalam bentuk bulat utuh.

Penelitian ini bertujuan mengetahui karakteristik fisik dan mekanik biji kemiri. Karakteristik fisik mencakup dimensi, kebulatan (*sphericity*), kebundaran (*roundness*), volume, massa, luas permukaan dan kadar air. Karakteristik mekanik yang diamati adalah kekuatan maksimum (*maximum strength*), deformasi, *stiffness*, dan modulus elastisitas. Hasil penelitian mengenai karakteristik fisik dan mekanik biji kemiri direncanakan akan digunakan untuk menganalisis gaya tumbukan pada proses pemecahan biji dengan tidak merusak inti kemiri, serta merancang model instrumen pemecah

biji kemiri agar didapatkan hasil inti kemiri utuh  $\geq 70\%$ .

## Bahan dan Metode

### Bahan

Pada penelitian ini, biji kemiri diperoleh dari Desa Parimbalang Kecamatan Lau Baleng, Kabupaten Karo, Sumatera Utara. Biji kemiri berasal dari pohon dengan kisaran usia antara 25 sampai 30 tahun. Biji kemiri merupakan biji yang sudah lepas dan dibersihkan dari kulit buahnya. Kemiri yang digunakan adalah biji kemiri jantan dengan bentuk membulat dan berukuran lebih besar daripada kemiri betina, karena kemiri jantan memiliki jangka waktu perkecambahan yang lebih lama (lebih dari 12 bulan) dibandingkan dengan biji kemiri betina, bila disimpan pada suhu ruang berventilasi baik. Disamping itu juga untuk memudahkan perancangan instrumen pemecah kemiri dengan ukuran yang lebih besar dan seragam (homogen). Setelah pemanenan, kemiri disimpan pada suhu kamar selama 3 bulan sebelum dilakukan penelitian.

### Alat

Peralatan yang digunakan dalam penelitian ini adalah (1) jangka sorong/kaliper mekanik XP dan kaliper digital Nankai dengan tingkat ketelitian 0.01mm, (2) timbangan digital ae ADAM PW 184 dengan beban maksimal 180g dan tingkat ketelitian 0.0001g serta timbangan digital HWH dengan tingkat ketelitian 0.01g, (3) *Microcomputer Control System Oven* ISUZU PHOHO52, (4) *Microcomputer Controlled Electronic Universal Testing Machine* mode WDW-5E serial No 0538 dengan beban maksimal 5,000 N.

### Penentuan Sifat Fisik

Dalam penentuan dimensi bahan biji-bijian, Ozguven dan Vursavus (2005) mengambil 100 biji cemara secara acak dan diukur menggunakan kaliper digital dengan tingkat resolusi 0.01mm. Koyuncu *et al* (2004) mengambil sampel sebanyak 60 biji kenari secara acak, Carcel *et al.* (2012) mengambil 50 biji cemara secara acak dan diukur dengan mikrometer elektronik, Kashaninejad *et al.* (2006) mengambil 100 biji kacang pistachio secara acak dan diberi label untuk mempermudah identifikasi.

Delprete dan Sesana (2014) mengatakan diukur tiga dimensi utama biji kemiri yang mencakup: intersep A (panjang) adalah jarak yang diukur dari ujung pangkal (kelopak) sampai pada ujung tepi biji kemiri yang meruncing (Gambar 1a), intersep B (lebar) adalah diameter maksimum biji kemiri yang tegak lurus intersep A (Gambar 1b), dan intersep C (tebal) adalah diameter biji kemiri yang tegak lurus dengan intersep B (Gambar 1c).

Dalam penelitian ini diambil 200 biji kemiri jantan secara acak dan diberi label agar mempermudah

identifikasi. Dimensi kemiri diukur dengan menggunakan kaliper digital dan mekanik dengan tingkat ketelitian 0.01mm yang telah dikalibrasi terlebih dahulu.

Mohsenin (1986) mengatakan bentuk bahan selalu dinyatakan dalam istilah kebulatan (*sphericity*) dan kebulatan (*roundness*). Konsep kebulatan didasarkan pada sifat isoperimetrik suatu bola, yaitu perbandingan volume bahan padat dengan volume lingkaran bola yang memiliki diameter yang sama dengan diameter bahan. Carcel *et al* (2012) mengatakan kebulatan adalah perbandingan diameter rata-rata geometri dengan diameter terpanjang (intersep A) yang dituliskan dalam Persamaan 1:

$$\text{Kebulatan} = \left( \frac{\text{diameter rata-rata geometri}}{\text{diameter terpanjang}} \right)$$

atau

$$\text{Kebulatan} = \left[ \frac{(A \times B \times C)^{1/3}}{A} \right] \quad (1)$$

Menurut Mohsenin (1986) kebulatan adalah ukuran ketajaman sudut suatu bahan padat. Nilai kebulatan suatu bahan berkisar antara 0 sampai 1. Jika nilai semakin mendekati 1 maka bentuk bahan akan semakin mendekati bentuk bundar. Beberapa metode telah diajukan untuk melakukan estimasi nilai kebulatan yang dapat dicari dengan rumus dalam Persamaan 2:

$$\text{Kebulatan} = \frac{A_p}{A_c}$$

atau

$$\text{Kebulatan} = \left[ \frac{(\text{Luas bidang dengan intersep terkecil})}{(\text{Luas bidang dengan intersep terbesar})} \right] \quad (2)$$

Dalam penelitian ini, untuk mengetahui nilai kebulatan kemiri dilakukan perhitungan dari tiga posisi pengamatan. Pada pengamatan dengan posisi AB maka  $A_p$  adalah luas proyeksi kemiri dengan menggunakan intersep B dan  $A_c$  adalah

luas proyeksi kemiri dengan menggunakan intersep A. Pada pengamatan dengan posisi AC maka  $A_p$  adalah luas proyeksi kemiri dengan menggunakan intersep C dan  $A_c$  adalah luas proyeksi kemiri dengan menggunakan intersep A. Pada pengamatan dengan posisi BC maka  $A_p$  adalah luas proyeksi kemiri dengan menggunakan intersep C dan  $A_c$  adalah luas proyeksi kemiri dengan menggunakan intersep B.

Delprete dan Sesana (2014) mengatakan volume kemiri yang berbentuk elipsoidal dapat dihitung dengan menggunakan Persamaan 3:

$$V = \frac{2}{9} \pi \times A \times B \times C \quad (3)$$

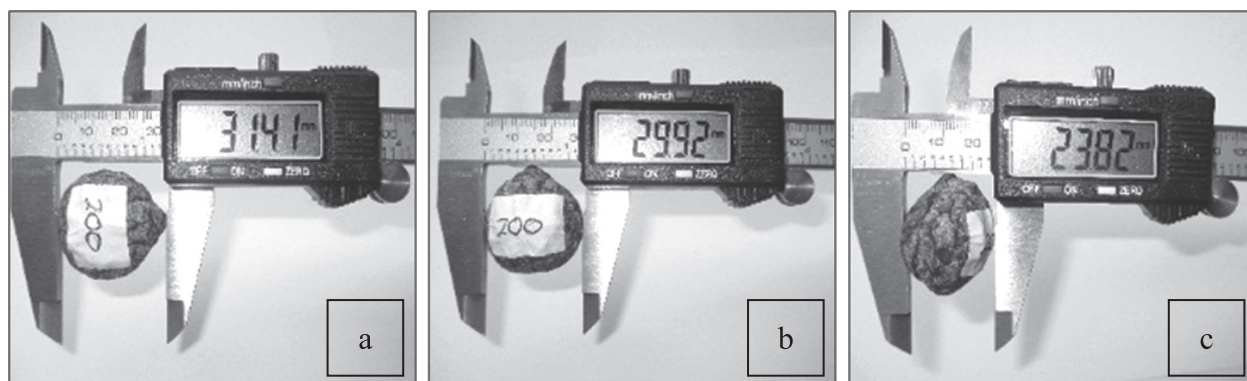
Mohsenin (1986) mengatakan luas permukaan buah biasanya ditentukan dengan berdasarkan pengukuran diameter dan berat. Dengan mengetahui berat atau diameter, luas permukaan dapat dihitung dengan persamaan empiris atau menghitungnya dengan menggunakan suatu plot tertentu yang telah dikalibrasi. Luas permukaan dapat dihitung dengan Persamaan 4:

$$\frac{V^2}{S^3} \geq \frac{1}{36 \pi} \quad (4)$$

dimana: V adalah volume dan S adalah luas permukaan bahan konvek. Persamaan ini juga memperlihatkan bahwa luas proyeksi rata-rata suatu bahan konvek adalah seperempat dari luas permukaan dengan pengukuran menggunakan panjang intersep A.

Darmawan dan Kurniadi (2007) mengatakan biji kemiri dijemur terlebih dahulu selama 3 sampai 11 hari tergantung panas terik matahari sebelum dilakukan pemecahan. Pemanasan dilakukan untuk memudahkan pemecahan dan meningkatkan persentase keutuhan kemiri isi. Delprete dan Sesana (2014) mengatakan pengeringan dilakukan dengan menjemur kemiri di bawah sinar matahari hingga mencapai kadar air 6% bk. Carcel *et al* (2012) mengatakan setelah dikeringkan, ditimbang berat 50 biji cemara menggunakan timbangan elektronik dengan tingkat akurasi 0.001g.

Dalam penelitian ini, kadar air biji kemiri diketahui



Gambar 1. Pengukuran diameter biji kemiri intersep A (a), B (b), dan C (c).

dengan menjemur biji kemiri terlebih dahulu di bawah terik matahari mulai pukul 10.00 sampai 14.00 WIB (4 jam) selama 1 sampai 6 hari. Selanjutnya pengukuran kadar air dilakukan dengan metode oven. Dimana ditimbang terlebih dahulu massa 10 buah kemiri pada masing-masing perlakuan baik tanpa penjemuran dan dengan lama waktu penjemuran yang berbeda-beda. Massa bahan di awal ( $m_{\text{awal}}$ ) diukur menggunakan timbangan digital ae ADAM PW 184 dengan tingkat ketelitian 0.0001 g kemudian dicatat massa kemiri awal. Selanjutnya kemiri ditempatkan dalam *Microcomputer Control System Oven ISUZU PHOHO52* dengan suhu 105°C selama 24, 48 dan 72 jam sampai didapat massa biji kemiri konstan dan tidak ada penurunan massa lagi ( $\pm 0.001\text{g}$ ), kemudian ditimbang massa biji kemiri akhir ( $m_{\text{akhir}}$ ). Untuk menghitung kadar air biji kemiri dapat dicari dengan Persamaan 5:

$$\text{Kadar air (bk)} = \frac{\text{massa}_{\text{awal}} - \text{massa}_{\text{akhir}}}{\text{massa}_{\text{akhir}}} \times 100\% \quad (5)$$

Setelah dijemur selama 5 hari, ditimbang massa 200 biji kemiri dengan menggunakan timbangan digital HWH dengan tingkat ketelitian 0.01 g. Sebelum melakukan penimbangan biji kemiri, timbangan digital dikalibrasi terlebih dahulu dengan metode pengukuran tanpa beban awal dan juga pengukuran beban dengan massa benda konstan 200 g.

### Pengambilan Data Sifat Mekanik

Delprete dan Sesana (2014) mengatakan uji tekan dilakukan dengan 20 biji sampel kemiri pada masing-masing masing intersep A, B dan C. Uji tekan menggunakan *universal testing machine* (UTM) MTS Elite/Qtest10 dengan beban 500 N, penampang piringan berbentuk bundar berdiameter 75 mm, piringan bawah diam dan piringan atas bergerak dengan kecepatan 1 mm/menit. Uji tekan dilakukan hingga terjadi keretakan tempurung, mesin penekan menghentikan akuisisi data ketika terjadi penurunan beban sebesar 80%.

Braga *et al.* (1999) telah melakukan penelitian pada biji macadamia dengan menekan biji dengan UTM hingga diketahui titik patahan tempurung

(*rupture point*). Gaya dan kurva deformasi akan tergambarkan dalam grafik. Biji ditekan diantara dua piringan datar pada rata-rata deformasi konstan 20 mm/menit. Sifat mekanik biji macadamia digambarkan pada fungsi gaya yang diberikan pada ketahanan maksimum. Besarnya gaya dan deformasi pada titik patahan didapat dari kurva.

Deformasi spesifik  $\varepsilon$  didapatkan melalui Persamaan 6:

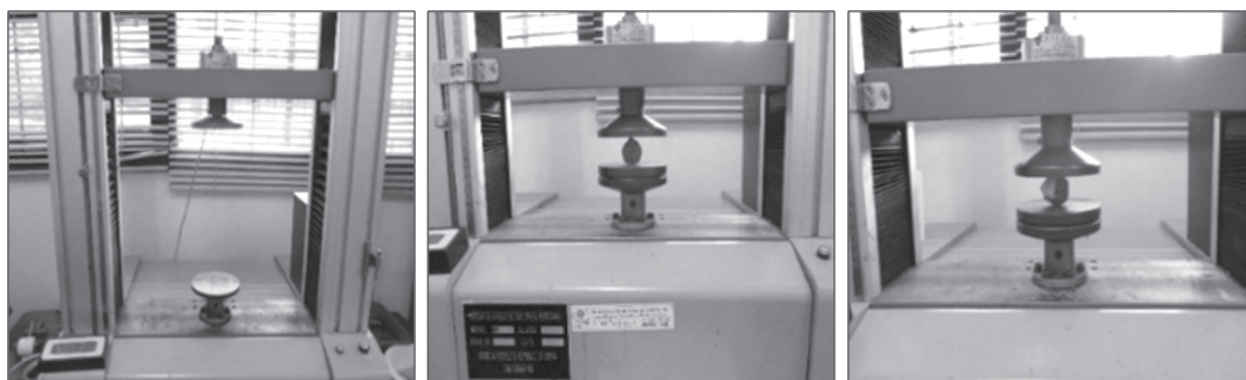
$$\varepsilon = \frac{(L_f - L)}{L} = \frac{\text{deformasi}}{L} \quad (6)$$

dimana L adalah dimensi biji sebelum mengalami deformasi dan  $L_f$  adalah dimensi biji setelah mengalami deformasi.

Karaj dan Muller (2009) mengatakan penekanan biji dan kernel jarak pada posisi vertikal menunjukkan kekuatan patahan dengan nilai terbesar. Sedangkan nilai terkecil didapat ketika penekanan dilakukan pada posisi melintang. Bonisoli *et al* (2015) mengatakan mengatakan dari hasil pengamatan mikroskopik menunjukkan bahwa pada tempurung, serat berada sejajar pada sepanjang arah intersep A. Dibutuhkan gaya dua kali lebih besar untuk memotong dengan arah tegak lurus serat, sedangkan deformasi adalah 30% lebih kecil. Tempurung sangat jelas memiliki tahanan lebih besar dalam arah yang sama dengan serat (A). Pada analisis selanjutnya, tahanan pada arah intersep B dan C dipertimbangkan memiliki nilai yang sama.

Delprete dan Sesana (2014) mengatakan untuk mengetahui sifat bahan, nilai modulus elastisitas pada setiap uji tekan dengan arah intersep A, B dan C dapat dibandingkan, dan nilai modulus elastisitas terbesar didapat ketika penekanan dilakukan pada arah A (arah tekan tegak lurus intersep terpanjang). Elastisitas akan menurun dengan semakin bertambahnya kadar air.

Dalam penelitian ini, untuk mengetahui sifat mekanik kemiri dilakukan uji tekan dengan pembebanan satu arah (*uniaxial compression*) menggunakan instrumentasi *universal testing machine* (UTM) model WDW-5F dengan beban maksimal 5,000 N. Kemiri diletakkan tegak lurus



Gambar 2. Instrumentasi *universal testing machine* dan pengujian gaya tekan.



Tabel 1. Karakteristik fisik biji kemiri.

Data sifat fisik biji kemiri	
Panjang intersep A (mm)	$33.00 \pm 3.00$
Panjang intersep B (mm)	$29.30 \pm 2.20$
Panjang intersep C (mm)	$23.43 \pm 3.37$
Nilai kebulatan	$0.85 \pm 0.07$
Nilai kebundaran	$0.73 \pm 0.12$
Volume (mm <sup>3</sup> )	$15,460 \pm 4,600$
Luas permukaan (mm <sup>2</sup> )	$3,037.56 \pm 532.85$
Massa (g)	$11.44 \pm 2.99$

pada arah pembebanan diantara dua plat datar yang berbentuk lingkaran dengan diameter 100 mm dimana piringan bagian bawah tetap diam dan piringan bagian atas bergerak dengan kecepatan 5 mm/menit (Gambar 2). Gesekan (*friction*) antara permukaan dibuat serendah mungkin sehingga tidak melewati batas pemanjangan garis melintang kemiri serta untuk menghindari pembelokan (*bending*).

Pengujian dilakukan dengan 3 kali ulangan pada setiap posisi intersep A, B dan C dengan 10 biji kemiri kemiri untuk masing-masing ulangan. Tujuan perlakuan ini adalah mengetahui posisi penekanan, deformasi dan kebutuhan energi untuk sampai pada titik deformasi maksimum. Sifat mekanik kemiri

ditunjukkan melalui tahanan/kekuatan maksimum (*maximum strength*) yang dapat diterima oleh kemiri sampai mengalami titik patahan puncak (*rupture point*) dan terjadi penurunan beban sampai 80%.

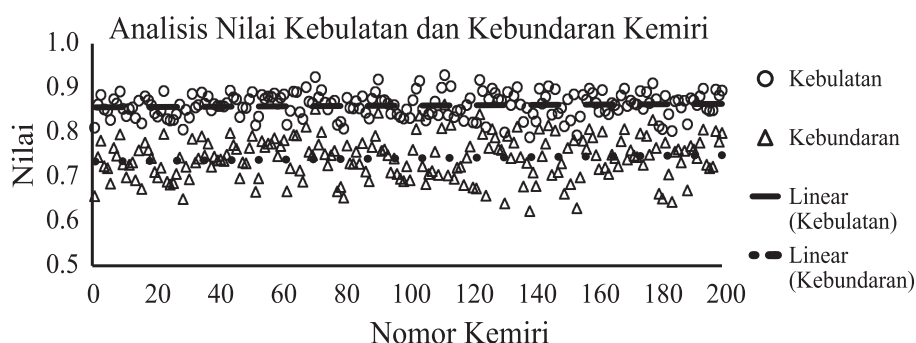
## Hasil dan Pembahasan

### Sifat Fisik

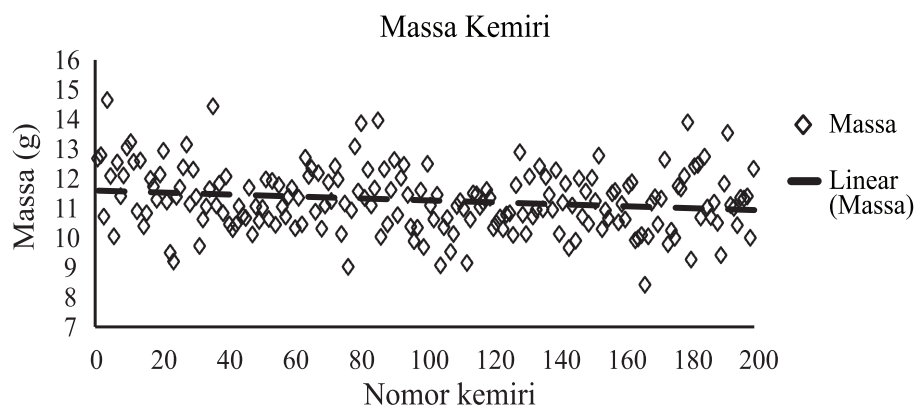
#### Bentuk dan Dimensi

Ada dua jenis kemiri yaitu kemiri jantan dan betina dengan bentuk serta dimensi yang berbeda, dimana kemiri jantan berbentuk lebih bulat dan memiliki dimensi lebih besar daripada kemiri betina yang berbentuk bulat pipih dan lebih kecil. Kemiri memiliki bentuk membulat hingga berbentuk limas, agak gepeng dengan salah satu ujungnya meruncing. Untuk keseragaman bahan maka diambil kemiri jantan dengan yang homogen. Tempurung biji memiliki tebal sekitar 3-4 mm, berwarna coklat atau kehitaman. Hal ini sesuai dengan literatur Anonim (2006) yang mengatakan tempurung biji ini tebalnya sekitar 3-5 mm, berwarna coklat atau kehitaman.

Panjang intersep A berkisar antara 30.00-36.00 mm dengan rata-rata 32.55 mm, intersep B berkisar antara 27.10-31.50 mm dengan rata-rata 29.05 mm dan intersep C berkisar antara 20.50-26.80 mm dengan rata-rata 23.23 mm. Tabel 1 menunjukkan bahwa diameter intersep A, B dan C memiliki panjang yang berbeda, dimana diameter vertikal lebih panjang daripada diameter horizontal dan



Gambar 3. Analisis nilai kebulatan dan kebundaran biji kemiri.



Gambar 4. Analisis massa biji kemiri.

berbentuk mengecil serta meruncing ke arah ujung tepi biji bagian atas.

### Kebulatan dan Kebundaran

Berdasarkan Persamaan (1) didapatkan nilai kebulatan kemiri berkisar antara 0.78-0.93 dengan rata-rata 0.86. Hal ini menunjukkan bahwa kemiri tidak memiliki sifat isoperimetrik bola yang memiliki panjang diameter yang sama pada setiap sisinya.

Berdasarkan Persamaan (2) didapatkan nilai kebundaran kemiri berkisar antara 0.41-0.99 dengan rata-rata 0.65. Dari data didapat rentang nilai yang cukup jauh, hal ini menunjukkan biji kemiri memiliki bentuk limas dengan ujung bagian atas meruncing, namun hampir memiliki bentuk bundar jika diamati dari posisi pengamatan AB. Hal ini sesuai dengan literatur Anonim (2006) yang mengatakan biji kemiri memiliki bentuk membulat atau limas, agak gepeng, dimana pada salah satu ujungnya meruncing.

### Volume, Luas Permukaan, Massa dan Kadar Air

Berdasarkan Persamaan (3) didapat nilai volume kemiri berkisar antara 10,859-20,060 mm<sup>3</sup> dengan rata-rata 15,365 mm<sup>3</sup>. Massa kemiri berkisar antara 8.44-14.43 g dengan rata-rata 11.26 g. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Bramasto dan Kurniawati (2004) yang mendapatkan bahwa rata-rata berat biji kemiri per butir adalah 10 g dan dalam 1 kg biji terdapat 90 sampai 110 butir biji kemiri kering.

Berdasarkan Persamaan (4), didapat luas permukaan kemiri berkisar antara 2,504-3,570 mm<sup>2</sup> dengan rata-rata 2,985 mm<sup>2</sup>.

Dimensi kemiri hasil pengukuran ini akan dijadikan acuan dasar perancangan model instrumen pemecah kemiri dengan sistem *ripple mill* khususnya pada bagian rotor. Dimana akan dirancang celah rotor yang berbentuk setengah lingkaran dengan lebar/diameter celah 36.00 mm (intersep A terpanjang) dan kedalaman 20.00 mm (rata-rata intersep C dikurang tebal tempurung). Dimensi ini bertujuan agar biji kemiri dapat masuk ke celah rotor namun tidak akan terhalang oleh dinding stator.

Berdasarkan Persamaan (5) diperoleh rata-rata kadar air awal biji kemiri sebelum dilakukan penjemuran adalah 10.38% bk. Tarigan (2006) mendapatkan tingkat kadar kemiri yang paling

sesuai untuk proses pemecahan kemiri berada pada rentang 4–5% dan bahwa beberapa kerusakan kernel ditemukan dalam sampel dengan tingkat kadar air lebih rendah dari 3% bk.

Oleh karena itu, untuk menurunkan kadar air agar pemecahan kemiri dapat dilakukan dengan baik, maka dilakukan penjemuran di bawah terik matahari selama 16 sampai 24 jam, dan diperoleh kadar air kemiri berkisar antara 4.15 sampai 6.20% bk. Pemecahan kemiri pada tingkat kadar air tersebut tidak merusak inti kemiri. Setelah dilakukan penjemuran biji kemiri dibawah sinar matahari selama 20 jam terjadi penurunan kadar air sehingga rata-rata nilai kadar air biji kemiri menjadi 4.96% bk.

Sebelum pemecahan biji kemiri dengan instrumen pemecah kemiri sistem ripple mill, maka biji kemiri terlebih dahulu dikeringkan dibawah terik matahari selama 4 sampai 5 hari agar kadar air biji berada dalam rentang 4 sampai 6%. Hal ini dimaksudkan untuk mendapatkan gaya pemecahan kemiri yang lebih kecil daripada kemiri dengan kadar air  $\geq 7\%$  namun dengan tidak merusak inti kemiri (persentase inti kemiri utuh  $\geq 70\%$ ).

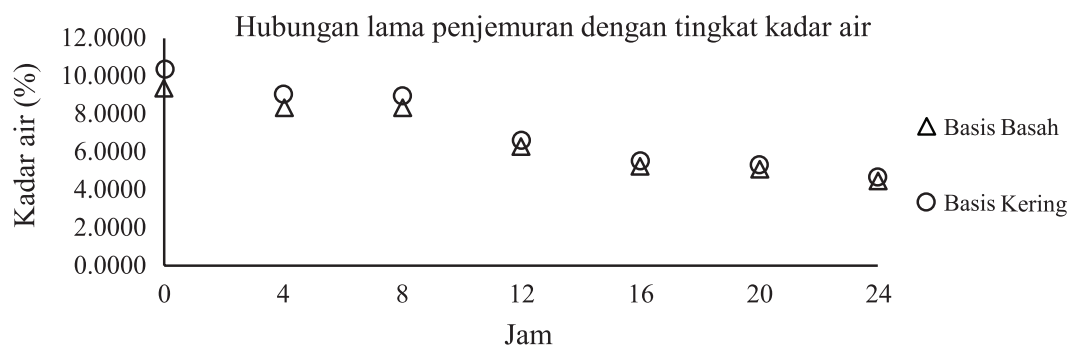
### Sifat Mekanik

#### Maximum Strength

Sebuah sistem sumbu ortogonal yang diperoleh dari pengujian dengan UTM digunakan sebagai penunjuk keterangan hasil pengukuran tegangan maksimum yang mampu diterima oleh kemiri sampai mencapai titik patahan (*rupture point*). Gaya tekan maksimum kemiri pada intersep A sebelum dilakukan penjemuran (kadar air 10 sampai 12% bk) ditunjukkan pada Gambar 6 dan setelah dilakukan penjemuran selama 20 jam (kadar air 4 sampai 6% bk) ditunjukkan pada Gambar 7.

Pada tingkat kadar air kemiri rata-rata 10.38% bk (sebelum dijemur), kekuatan maksimum kemiri pada intersep A mencapai 4,165 N, intersep B adalah 2,184 N, dan intersep C adalah 2,746 N.

Penekanan dengan posisi intersep A memiliki kekuatan maksimum terbesar dalam menahan beban yang diberikan sampai tingkat kadar air 8% bk. Hal ini sesuai dengan pernyataan Bonisoli *et al* (2015) yang mengatakan bahwa pada tempurung, serat berada sejajar sepanjang arah



Gambar 5. Tingkat kadar air kemiri pada berbagai lama waktu penjemuran.

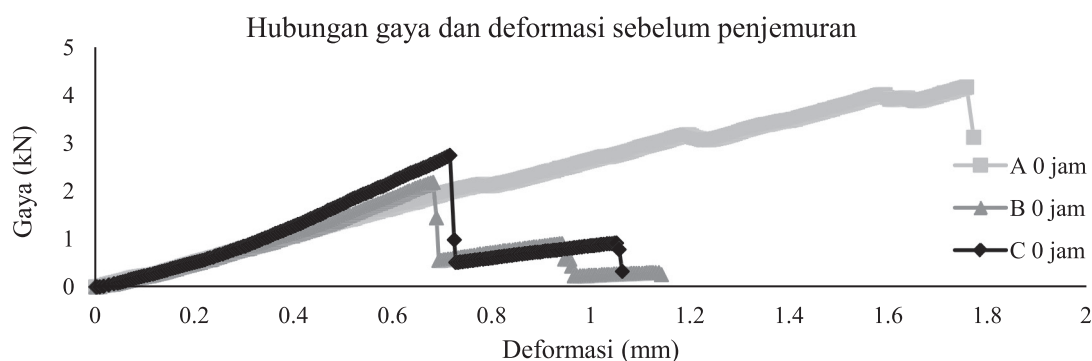
intersep A. Dibutuhkan gaya dua kali lebih besar untuk memotong dengan arah tegak lurus serat, sedangkan deformasi adalah 30% lebih kecil. Karaj dan Muller (2009) juga mengatakan bahwa penekanan biji dan kernel jarak pada posisi vertikal menunjukkan kekuatan patahan dengan nilai terbesar. Sedangkan nilai terkecil didapat ketika penekanan dilakukan pada posisi melintang.

Gambar 8 memperlihatkan bahwa kekuatan tekan maksimum dipengaruhi oleh tingkat kadar air kemiri. Setelah dilakukan penjemuran selama 20 jam, diperoleh nilai kekuatan tekan maksimum pada intersep A adalah 1,208 N, intersep B adalah 1,198 N, dan pada intersep C adalah 1,950 N. Hal ini sesuai dengan hasil penelitian Carcel *et al* (2012) yang mengatakan bahwa gaya penghancur (*rupture force*) akan meningkat secara linier seiring dengan peningkatan kadar air.

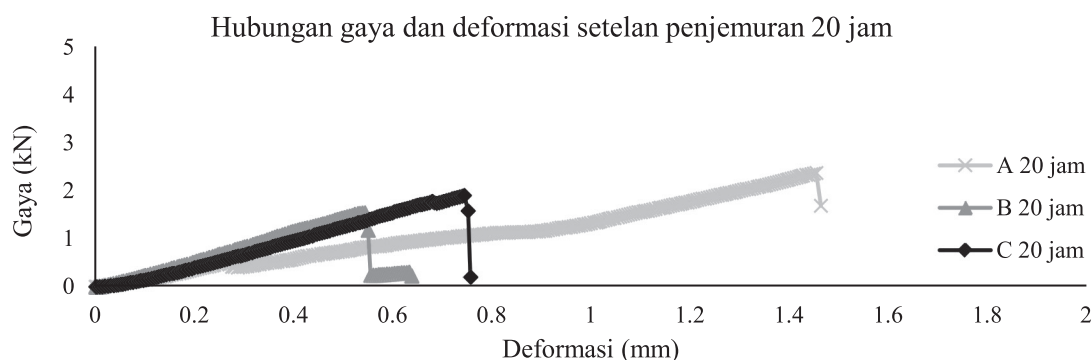
Hasil pengukuran *maximum strength* akan digunakan sebagai dasar pemilihan materi serta perancangan dimensi dan massa rotor pemecah pada model instrumen pemecah kemiri dengan sistem *ripple mill*. Dimana perencanaan gaya tekan maksimum rotor tidak lebih dari 2,000 N (gaya tekan maksimum intersep C adalah 1,950 N), agar *tempurung dapat retak namun inti kemiri yang dihasilkan tidak pecah atau hancur*.

### Deformasi Spesifik

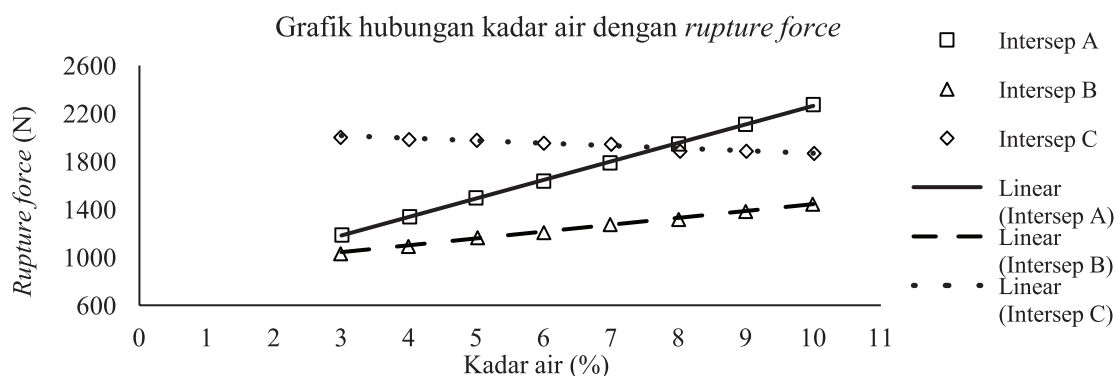
Nilai deformasi lateral maksimum kemiri akibat gaya tekan pada intersep A adalah 0.24-2.83 mm, pada intersep B adalah 0.36-1.91 mm dan pada intersep C adalah 0.57-0.91 mm. Deformasi yang terjadi disebabkan oleh sifat tempurung yang mudah mengalami keretakan-keretakan kecil pada saat diberikan tekanan. Penekanan dengan posisi



Gambar 6. Grafik hubungan gaya tekan dan deformasi sebelum penjemuran.



Gambar 7. Grafik hubungan gaya tekan dan deformasi setelah dijemur 20 jam.



Gambar 8. Grafik hubungan kadar air dengan *rupture force*.

Tabel 2. Karakteristik mekanik biji kemiri.

	Kadar air (%)		Inter-sep	Rupture Force (N)	Deformasi (mm)	Stiffness (N/mm)	Modulus elastisitas
	bb	bk					
Tanpa Penjemuran	9,404	10,387	A	2,965 ± 1,20	1.705 ± 0.775	1,882 ± 570	20.788 ± 5.698
			B	1,632.5 ± 552.5	0.561 ± 0.118	2,840 ± 1,082	27.513 ± 10.715
			C	1,921 ± 826	0.716 ± 0.182	2,966 ± 880	22.611 ± 6.859
Penjemuran 1 hari	8,315	9,076	A	2,204 ± 1581	1.231 ± 0.713	1,801 ± 895	20.015 ± 10.087
			B	1,442.5 ± 829.5	0.858 ± 0.538	1,844 ± 1,656	19.017 ± 17.175
			C	1,746.5 ± 976.5	0.5625 ± 0.233	2,101 ± 1,323	16.821 ± 10.891
Penjemuran 2 hari	8,259	9,010	A	2,324.5 ± 1,991.5	1.509 ± 1.006	1,462 ± 905	16.528 ± 10.358
			B	1,305.5 ± 771.5	0.698 ± 0.276	2,219 ± 1,569	21.296 ± 14.694
			C	1,897 ± 1,386	1.045 ± 0.780	1,683 ± 1,274	13.177 ± 10.044
Penjemuran 3 hari	6,239	6,657	A	1,924.5 ± 1,159.5	0.979 ± 0.547	2,296 ± 439	24.554 ± 5.406
			B	1,285.5 ± 510.5	1.012 ± 0.469	1,765 ± 1,230	16.069 ± 10.777
			C	2,516 ± 989	0.956 ± 0.342	2,547 ± 709	20.584 ± 4.179
Penjemuran 4 hari	5,259	5,552	A	2,415 ± 1,988	1.406 ± 0.968	1,609 ± 1,036	17.487 ± 10.823
			B	1,091 ± 530	0.863 ± 0.431	1,988 ± 1,436	18.473 ± 12.715
			C	2,204 ± 920	0.797 ± 0.147	2,597 ± 708	20.773 ± 5.086
Penjemuran 5 hari	5,072	5,344	A	2,428.5 ± 2,008.5	1.530 ± 1.269	1,678 ± 1,244	18.116 ± 13.311
			B	1,309 ± 730	1.135 ± 0.774	1,504 ± 1,168	16.286 ± 12.472
			C	1,957.5 ± 732.5	0.744 ± 0.170	2,770 ± 634	22.010 ± 4.984

intersep A memiliki deformasi yang terbesar sebab kemiri memiliki ujung tepi yang sedikit meruncing. Dari nilai deformasi maka didapat nilai regangan lateral berkisar antara 0.01-0.08 mm/mm. Nilai deformasi maksimum (pada intersep A sebesar 2.83 mm) digunakan dalam merancang pengaturan jarak antara dinding tepi permukaan rotor dan dinding stator yaitu sebesar 3.00 mm agar kemiri dapat masuk pada celah rotor dan dapat ditumbukkan pada dinding stator.

### Stiffness

Nilai *stiffness* biji kemiri menunjukkan slope atau kemiringan garis gaya yang dibutuhkan sampai mencapai *rupture point*. Nilai rata-rata *stiffness* pada intersep A adalah 1,657.88 N/mm, intersep B 1,945,54 N/mm, dan intersep C 2,608.55 N/mm.

### Modulus elastisitas

Nilai modulus elastisitas kemiri didapatkan dari kurva hasil pengujian. Besarnya nilai modulus elastisitas yang dihasilkan pada masing-masing posisi berbeda pada setiap intersep. Dari Tabel 2, nilai modulus elastisitas kemiri setelah dijemur selama 5 hari (20 jam) berkisar antara 3.81 - 31.43 MPa.

Tempurung biji kemiri akan semakin elastis pada tingkat kadar air yang lebih tinggi dan kernel akan lengket pada tempurung bagian dalam. Penurunan kadar air menjadi 4 sampai 6% bk mengurangi gaya tekan pada pemecahan biji kemiri. Penekanan kemiri dengan intersep A membutuhkan gaya yang lebih besar untuk mencapai titik patahan (*rupture point*) daripada posisi intersep B dan C. Oleh karena itu penempatan posisi untuk pemecahan kemiri akan dilakukan pada posisi intersep B dan C. Pemilihan posisi ini juga akan mengurangi kemungkinan inti kemiri pecah dua (terbelah) atau hancur.

### Simpulan

1. Nilai rata-rata diameter biji kemiri intersep A, B dan C adalah 32.55 mm, 29.05 mm dan 23.23 mm dengan tebal tempurung 3.00 mm.
2. Kemiri jantan memiliki bentuk membulat atau limas, agak gepeng dimana pada salah satu ujungnya meruncing, dengan nilai kebulatan adalah 0.86.
3. Nilai rata-rata kebulatan kemiri dari tiga posisi pengamatan adalah 0.65.



4. Nilai rata-rata volume kemiri adalah 15,365 mm<sup>3</sup>, massa kemiri 11.26 g dan luas permukaan adalah 2,985 mm<sup>2</sup>.
5. Nilai kadar air awal kemiri sebelum penjemuran adalah 12.05% bk dan setelah dijemur selama 20 jam maka nilai kadar air kemiri menjadi 4.96% bk.
6. Pada kadar air 4.96% bk, nilai kekuatan tekan maksimum (*maximum strength*) pada intersep A adalah 1,208 N, intersep B 1,198 N dan pada intersep C adalah 1,950 N.
7. Pada kadar air 4.96% bk, nilai regangan maksimum kemiri adalah 0.08 mm/mm, dengan nilai deformasi maksimum 2.83 mm dan nilai modulus elastisitas 31.43 MPa.

### Daftar Pustaka

- Anonim. 2006. Pedoman budidaya kemiri (*Aleurites moluccana* Wild.). Departemen Pertanian. Direktorat Jenderal Perkebunan Indonesia.
- Bonisoli, E., C. Delprete, R. Sesana, A. Tamburro, S. Tornincasa. 2015. Testing and simulation of three point bending anisotropic behaviour of hazelnut shells. *Journal of Biosystems Engineering*. 129: 134-141.
- Braga, G.C., S.M. Couto, T. Hara, J.T.P.A. Neto. 1999. Mechanical behaviour of macadamia nut under compression loading. *Journal of Agricultural Engineering*. 72: 239-245.
- Bramasto, Y., P.P. Kurniawati. 2004. *Aleurites moluccana* (L.) Wild. Informasi singkat benih No. 36 April 2004. Indonesia Forest Seed Project. Direktorat Perbenihan Tanaman Hutan. Bandung.
- Carcel, L.M., J. Bon, L. Acuna, I. Nevares, M. Alamo, R. Crespo. 2012. Moisture dependence on mechanical properties of pine nuts from *pinus pinea* L. *Journal of Food Engineering*. 110: 294-297.
- Darmawan, S., R. Kurniadi. 2007. Studi pengusahaan kemiri di Flores NTT dan Lombok NTB. *Info Sosial Ekonomi* Vol.7 (2) Juni 2007: 117-129.
- Delprete, C., R. Sesana. 2014. Mechanical characterization of kernel and shell of hazelnut: Proposal of an experimental procedure. *Journal of Food Engineering*. 124: 28-34.
- Karaj, S., J. Muller. 2010. Determination of physical, mechanical and chemical properties of seeds and kernels of *Jatropha curcas* L. *Industrial crops and products*. 129-138.
- Kashaninejad, M., A. Mortazavi, A. Safekordi, L.G. Tabil. 2006. Some physical properties of pistachio (*Pistacia vera* L.) nut and its kernel. *Journal of Food Engineering*. 72: 30-38.
- Koji, T. 2000. Kemiri (*Aleurites moluccana*) and forest resource management in eastern Indonesia: an eco-historical perspective. International Symposium and Workshop, "The Beginning of the 21<sup>st</sup> Century: Endorsing Regional Autonomy, Understanding Local Cultures, Strengthening National Integration", Hasanuddin University, South Sulawesi, August 1-5, 2000. p 1-23.
- Koyuncu, M.A., K. Ekinci, E. Savran. 2004. Cracking characteristic of walnut. *Journal of Biosystem Engineering*. 87: 305-311.
- Mohsenin, N.N. 1986. Physical properties of plant and animal materials. Structure, physical characteristics and mechanical properties. 2<sup>nd</sup> Revised and Updated Ed. Gordon and Breach Science Publishers. New York.
- Ozguven, F., K. Vursavus. 2005. Some physical, mechanical and aerodynamic properties of pine (*pinus pinea*) nuts. *Journal of Food Engineering*. 68: 191-196.
- Tarigan, E., G. Prateepchaikul, R. Yamsaengsung, A. Sirichote, P. Tekasakul. 2007. Drying characteristics of unshelled kernels of candle nuts. *Journal of Food Engineering*. 79: 828-833.

Halaman ini sengaja dikosongkan